

# EXHAUST EMISSION CONTROL DEVICE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

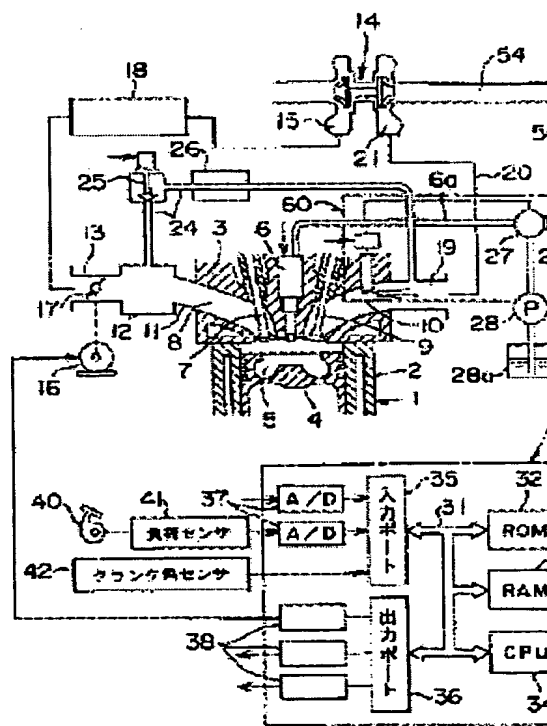
A5

**Patent number:** JP2002038929  
**Publication date:** 2002-02-06  
**Inventor:** HARADA YASUO; ISHIYAMA SHINOBU  
**Applicant:** TOYOTA MOTOR CORP  
**Classification:**  
- international: F01N3/20; F01N3/08; F01N3/28; F02D45/00  
- european:  
**Application number:** JP20000223059 20000724  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP2002038929

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately sense a deterioration of NOX catalyst installed in the exhaust passage of a lean combustion type internal combustion engine.

**SOLUTION:** An exhaust emission control device of an internal combustion engine is equipped with a NOX catalyst of storage reduction type installed in the exhaust passage of the engine and an absorption and emission control means to drop the exhaust air-fuel ratio for regenerating the NOX absorbing ability of the catalyst, wherein the air-fuel ratio in the exhaust gas flowing into the catalyst is lowered from the case in which the NOX storage ability is regenerated temporarily, and deterioration of the catalyst is judged on the basis of the time in which the air-fuel ratio in the exhaust gas flowing out from the catalyst at this time of the ratio being lowered indicates a rich air-fuel ratio.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-38929

(P2002-38929A)

(43) 公開日 平成14年2月6日(2002.2.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-リ-ト (参考)
F 0 1 N 3/20		F 0 1 N 3/20	C 3 G 0 8 4
3/08		3/08	A 3 G 0 9 1
			G
3/28	3 0 1	3/28	3 0 1 D
F 0 2 D 45/00	3 1 4	F 0 2 D 45/00	3 1 4 Z
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-223059(P2000-223059)

(22) 出願日 平成12年7月24日(2000.7.24)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 原田 泰生

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 石山 忍

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100089244

弁理士 遠山 勉 (外3名)

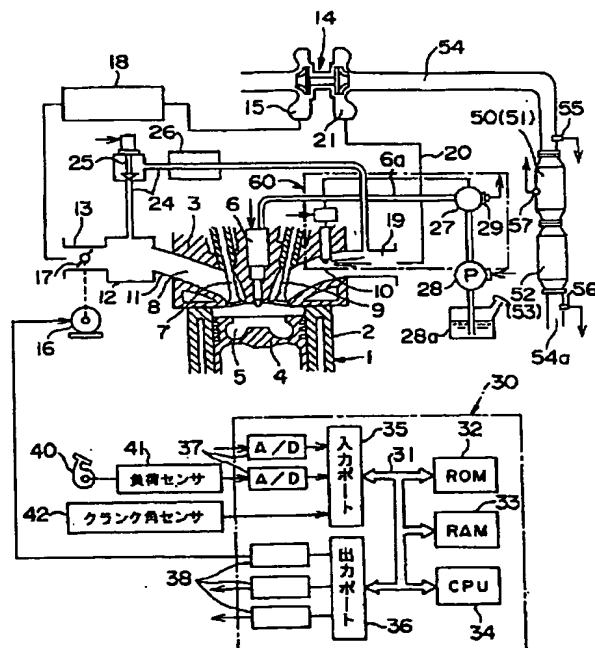
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57) 【要約】

【課題】 希薄燃焼式内燃機関の排気通路に設けられたNOx触媒の劣化を精度良く検出することができる技術を提供することを課題とする。

【解決手段】 本発明に係る内燃機関の排気浄化装置は、内燃機関の排気通路に設けられた吸蔵還元型NOx触媒と、この吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸収能力を再生させるべく排気空燃比を低下させる吸放出制御手段とを備えた内燃機関の排気浄化装置であって、吸蔵還元型NOx触媒に流入する排気空燃比を一時的にNOx吸蔵能力を再生させる場合より低下させ、その際に吸蔵還元型NOx触媒から流出する排気空燃比がリッチ空燃比を示す時間に基づいて吸蔵還元型NOx触媒の劣化を判定することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の排気通路に設けられ、流入排気空燃比が高いときは排気中の窒素酸化物を吸収するとともに、流入排気空燃比が低下したときは吸収していた窒素酸化物を放出及び還元するNOx触媒と、前記NOx触媒に吸収された窒素酸化物を浄化すべく、前記NOx触媒に流入する排気空燃比を所定の空燃比まで低下させる吸放出制御手段と、前記NOx触媒に流入する排気空燃比を一時的に前記所定空燃比より低い空燃比まで低下させる空燃比制御手段と、前記NOx触媒に流入する排気空燃比が前記所定の空燃比より低下させられた際に前記NOx触媒から流出する排気空燃比を検出する空燃比検出手段と、前記空燃比検出手段の検出値が基準となる空燃比より低い値を示す時間に基づいて前記NOx触媒の劣化を判定する劣化判定手段と、を備えることを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】 前記基準空燃比は、理論空燃比であり、前記劣化判定手段は、前記空燃比検出手段の検出値が理論空燃比より低い値を示す時間が所定時間未満になると前記NOx触媒が劣化していると判定することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項3】 前記NOx触媒より上流の排気中に還元剤を添加する還元剤添加手段をさらに備え、前記吸放出制御手段は、前記還元剤添加手段から排気中へ所定量の還元剤を添加させることにより、前記NOx触媒に流入する排気空燃比を所定の空燃比まで低下させ、前記空燃比制御手段は、前記還元剤添加手段から排気中へ前記所定量以上の還元剤を添加させることにより、前記NOx触媒に流入する排気空燃比を前記所定空燃比より低下させることを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の排気浄化装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関の排気浄化装置に関し、より詳しくは、排気中の窒素酸化物（NOx）を効果的に浄化せしめる排気浄化装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 自動車等に搭載される内燃機関、特に酸素過剰状態の混合気を燃焼可能な希薄燃焼式内燃機関では、排気中の窒素酸化物（NOx）を浄化する技術として、内燃機関の排気通路に吸蔵還元型NOx触媒が配置された排気浄化装置が知られている。吸蔵還元型NOx触媒は、触媒に流入する排気空燃比が高いときは排気中の窒素酸化物（NOx）を吸蔵し、排気空燃比が低く且つ還元剤が存在するときは吸収していた窒素酸化物（NOx）を放出しつつ窒素（N<sub>2</sub>）に還元せしめる触媒である。

【0003】 吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸収能力には限りがあるため、吸蔵還元型NOx触媒の能力を有効に利用するためには、吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸収能力が飽和する前に適当なタイミングで該吸蔵還元型NOx触媒に吸収されている窒素酸化物（NOx）を放出及び還元させる必要がある。

【0004】 これに対し、従来の排気浄化装置では、吸蔵還元型NOx触媒より上流の排気中に適当なタイミングで短周期的に還元剤たる燃料を添加することにより、吸蔵還元型NOx触媒に流入する排気空燃比を一時的に低下させつつ該吸蔵還元型NOx触媒へ還元剤を供給し、以て吸蔵還元型NOx触媒に吸収されていた窒素酸化物（NOx）を放出及び還元せしめる、いわゆるリッチスパイク制御が実行されている。

【0005】 一方、上記したような排気浄化装置では、吸蔵還元型NOx触媒の劣化を精度良く検出することも重要である。このような要求に対し、従来では、吸蔵還元型NOx触媒に吸蔵される窒素酸化物（NOx）を放出浄化せしめるリッチスパイク制御時に、吸蔵還元型NOx触媒から流出する排気空燃比を測定し、測定された空燃比が理論空燃比近傍に維持されている時間に基づいて吸蔵還元型NOx触媒の劣化を判定する方法が提案されている。

【0006】 このような方法を実現する場合には、吸蔵還元型NOx触媒より下流の排気通路にO<sub>2</sub>センサが配置され、吸蔵還元型NOx触媒より上流の排気通路に還元剤たる燃料を添加する還元剤添加装置が配置されることになる。そして、還元剤添加装置から排気中へ還元剤が添加されているときのO<sub>2</sub>センサの出力信号値が理論空燃比近傍に維持されている時間に基づいて吸蔵還元型NOx触媒の劣化状態が判定されることになる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、吸蔵還元型NOx触媒より上流の排気通路に直に還元剤を供給する場合、触媒の下流に設けられたO<sub>2</sub>センサの出力がリッチを示さない場合であっても、NOxを還元・浄化することができる。これは、排気ガス全体としてみればリーンであっても、局部的にリッチ空間が存在するためである。従って、NOxが浄化できる最小量の還元剤を排気通路に添加することが望ましい。しかしながら、このような下流O<sub>2</sub>センサの出力がリッチを示さない還元剤量でのリッチスパイク制御では、前述したO<sub>2</sub>センサの出力信号が理論空燃比に維持されている時間に基づいて吸蔵還元型NOx触媒の劣化状態を検出することができない。また、仮に下流O<sub>2</sub>センサの出力がリッチを示すリッチスパイク制御を行ったとしても、排気空燃比が理論空燃比近傍に維持されている時間は極めて短く、正確な劣化判断を困難にする。

【0008】 よって、本発明は以上の点を考慮しなされたもので、NOx触媒の劣化状態をより確実に且つ精度

よく判定しうる内燃機関の排気浄化装置を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本出願に係る発明は、上記した技術的課題を解決するために以下のような手段を採用した。すなわち、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置は、内燃機関の排気通路に設けられ、流入排気空燃比が高いときは排気中の窒素酸化物を吸収するとともに、流入排気空燃比が低下したときは吸収していた窒素酸化物を放出及び還元するNOx触媒と、前記NOx触媒に吸収された窒素酸化物を浄化すべく、前記NOx触媒に流入する排気空燃比を所定の空燃比まで低下させる吸放出制御手段と、前記NOx触媒に流入する排気空燃比を一時的に前記所定空燃比より低い空燃比まで低下させる空燃比制御手段と、前記NOx触媒に流入する排気空燃比が前記所定の空燃比より低下させられた際に前記NOx触媒から流出する排気空燃比を検出する空燃比検出手段と、前記空燃比検出手段の検出値が基準となる空燃比より低い値を示す時間に基づいて前記NOx触媒の劣化を判定する劣化判定手段と、を備えることを特徴としている。

【0010】このように構成された内燃機関の排気浄化装置では、NOx触媒の劣化が判定されるときには、NOx触媒に流入する排気空燃比は、該NOx触媒に吸収されている窒素酸化物(NOx)を放出させる場合に比して低くされる。この場合、NOx触媒から流出する排気空燃比には、NOx触媒が劣化していない場合とNOx触媒が劣化している場合とで明確な差が生じやすくなるため、NOx触媒の劣化を判定することが容易となる。

【0011】なお、劣化判定時の基準となる基準空燃比は、任意に設定可能であり、例えば、内燃機関の運転状態に基づき適時設定変更される可変値であってもよい。また、NOx触媒の雰囲気温度に基づき適時設定変更される可変値であってもよい。さらには、予備実験等にて定められた固定値であってもよい。

【0012】本出願の発明に係る劣化判定手段では、前記基準空燃比を理論空燃比として、前記空燃比検出手段により検出される空燃比が理論空燃比より低い値を示す時間と予め設定された所定時間とを比較し、空燃比検出手段の検出値が理論空燃比より低い値を示す時間が前記所定時間より短くなると、NOx触媒が劣化していると判定してもよい。すなわち、上記した空燃比制御手段においてNOx触媒に流入する排気空燃比を低下せしめる際には、NOx触媒より流れ出る排気空燃比が確実に理論空燃比以下に達するように空燃比を制御して、劣化判定時における明確な基準を定め劣化を行い易くしている。

【0013】なお、予め設定された所定期間とは、劣化していない新規NOx触媒を使用して、各種条件下にお

いて実施した予備実験に基づき設定される値であり、新規NOx触媒に流入する排気空燃比を大幅に低下せしめた際、該新規NOx触媒より流れ出る排気空燃比が理論空燃比以下の値を示す期間である。

【0014】また、本発明に係る内燃機関がNOx触媒より上流の排気中に還元剤を添加する還元剤添加手段を備え、吸放出制御手段が還元剤添加手段から排気中へ所定量の還元剤を添加させることによりNOx触媒に流入する排気空燃比を所定の空燃比まで低下させるよう構成されている場合には、空燃比制御手段は、還元剤添加手段から排気中へ前記所定量以上の還元剤を添加させることにより、NOx触媒に流入する排気空燃比を所定の空燃比より低下させるようにしてもよい。

【0015】本発明に係る還元剤添加手段としては、NOx触媒が設けられる排気通路に直接還元剤を添加する装置を例示することができる。本発明において、希薄燃焼可能な内燃機関としては、リーンバーンガソリン機関やディーゼル機関等を例示できる。また、本発明において還元剤としては、軽油、ガソリン等の炭化水素HCを含むものを例示できる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、本出願に係る排気浄化装置を圧縮着火式内燃機関、すなわちディーゼル機関に採用した例を示している。

【0017】＜ディーゼル機関の概要＞図1に示すように機関本体1は、ピストン4を内包するシリンダブロック2と、シリンダブロック2の上部に設けられピストン4との間に燃焼室5を形成するシリンダヘッド3と、シリンダヘッド3に設けられ燃焼室5内に燃料を噴射する電気制御式燃料噴射弁6と、燃焼室5内に空気を供給するための吸気ポート8及び吸気弁7と、燃焼後の排気を燃焼室5内より排出するための排気ポート10及び排気弁9と、を備える。

【0018】また、吸気ポート8は吸気枝管11を介してサージタンク12に連結されており、サージタンク12は吸気ダクト13を介してターボチャージャ14のコンプレッサ15側に連結されている。また、吸気ダクト13内にはステップモータ16により駆動されるスロットル弁17が設けられている。さらに吸気ダクト13の周りには冷却装置18が設けられ、吸気ダクト13を流れる吸入空気はこの冷却装置18にて冷却される。なお、冷却装置18内には機関冷却水が導びかれ、この機関冷却水によって吸入空気が冷却されている。

【0019】一方、排気ポート10は排気枝管19及び排気管20を介してターボチャージャ14の排気タービン21側に連結される。そして、排気タービン21の出口は吸蔵還元型NOx触媒50（以下、単にNOx触媒と称す）を内蔵したケーシング51、また、酸化触媒52

を内蔵したケーシング53等にて構成される排気浄化装置に連結される。なお、NO<sub>x</sub>触媒50及び酸化触媒52を備える排気浄化装置については、後に詳細に説明する。

【0020】排気枝管19とサージタンク12は、排気ガス再循環通路24（以下、EGR通路と称す）を介して互いに連結されている。EGR通路24は、該EGR通路24を流れるEGRガスを冷却するための冷却装置26、及びEGR通路24内を流れるEGRガスの流れを遮断する電気制御式EGR制御弁25を備えている。なお、冷却装置26には機関冷却水が導びかれ、EGRガスはこの機関冷却水によって冷却されている。

【0021】シリンダヘッド3に設けられる電動式燃料噴射弁6は、燃料供給管6aを介してコモンレール27（蓄圧室）に連結されている。また、コモンレール27には燃料の吐出量を任意に調節可能な燃料ポンプ28が接続され、この燃料ポンプ28を介して燃料タンク28aの燃料がコモンレール27に供給されている。また、コモンレール27に供給された燃料は燃料供給管6aを介して電動式燃料噴射弁6に供給されている。なお、燃料ポンプ28の吐出量の調節は、該コモンレール27に設けられ、コモンレール27内の燃圧を検出する燃圧検出センサ29の出力信号に基づいて調節されている。

【0022】電子制御ユニット30はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス31によって互いに接続されたROM（リードオンリメモリ）32、RAM（ランダムアクセスメモリ）33、CPU（中央制御装置）34、複数の入力ポート35及び出力ポート36と、を備えている。

【0023】電子制御ユニット30に設けられる入力ポート35には、上記した燃圧検出センサ29、アクセスペダル40の踏み量 $L$ に比例した出力電圧を発生する負荷センサ41、及びクランクシャフト（図示せず）の回転に応じたパルス信号を出力するクランク角センサ42など、各種センサが対応するA/D変換器37を介して接続されている。そして、電子制御ユニット30では、これら入力ポート35に入力される各種センサからの出力信号に基づいて、現在の機関運転状態を把握している。

【0024】一方、出力ポート36側には複数の駆動回路38が設けられ、上記した電動式燃料噴射弁6、スロットル弁駆動用ステップモータ16、EGR制御弁25、燃料ポンプ28など、各種装置はそれぞれ対応する駆動回路38を介して電子制御ユニット30に接続されている。そして、各装置は電子制御ユニット30の指示により適切に制御（駆動）される。

【0025】この電子制御ユニット30で行われている制御について述べると、例えば、燃焼室5内に適切な燃料を供給する燃料供給制御などを実行している。以下、図3を参照して燃料供給制御について説明する。な

お、図3（A）は要求トルク $TQ$ と、アクセルペダル40の踏み量 $L$ と、機関回転数 $N$ と、の相対関係を示している。また、各曲線は等トルク曲線を表しており、 $TQ=0$ で示される曲線はトルクがゼロであることを示す。また、残りの曲線は $TQ=a$ 、 $TQ=b$ 、 $TQ=c$ 、 $TQ=d$ の順に次第に要求トルクが高くなる。

【0026】要求トルク $TQ$ は図3（B）に示されるようにアクセルペダル40の踏み量 $L$ と機関回転数 $N$ からなる関数としてマップの形で予めROM32内に記憶されている。本実施の形態では図3（B）に示すマップに基づいてアクセルペダル40の踏み量 $L$ 並びに機関回転数 $N$ に応じた要求トルク $TQ$ をまず初めに算出し、この要求トルク $TQ$ に基づいて燃料噴射量を算出している。そして、この算出された燃料噴射量に見合った燃料を燃焼室5内に供給するように、電動式燃料噴射弁6の制御及びコモンレール27内の燃圧を制御している。

【0027】＜排気浄化装置の構成＞以下、上記したディーゼル機関1に設けられる排気浄化装置について述べる。排気浄化装置は、排気タービン21の出口に接続された上流側排気管54に接続され内部にNO<sub>x</sub>触媒50を内蔵するケーシング51と、このケーシング51の下流側に接続され内部に酸化触媒52を内蔵するケーシング53と、酸化触媒52を収容するケーシング53の下流に接続された下流側排気管54aと、を有する。

【0028】また、上流側排気管54及び下流側排気管54aには、各排気管内を流れる排気の空燃比を検出する空燃比センサ（A/Fセンサ）55、56を設けている。また、NO<sub>x</sub>触媒50を内蔵するケーシング51には該ケーシング51内に内蔵されたNO<sub>x</sub>触媒50の雰囲気温度を検出するために触媒温度センサ57を設けている。さらに、このNO<sub>x</sub>触媒50を収容するケーシング51に流入する排気中に還元剤たる燃料を添加する還元剤添加装置60を設けている。すなわち、燃焼室5に対して還元剤添加装置60、空燃比センサ55、NO<sub>x</sub>触媒50、酸化触媒53、空燃比センサ56の順に各構成要素を直列に設けている。以下、各構成要素について詳細に説明する。

【0029】上流側排気管54に接続されたケーシング55に収容されるNO<sub>x</sub>触媒50は、上流側排気管54より流入する排気中のNO<sub>x</sub>（窒素酸化物）を主として浄化せしめる機能を有する。本実施の形態では、NO<sub>x</sub>触媒50として吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒50を採用している。

【0030】吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒50は、例えばアルミナ $Al_2O_3$ を担体として、この担体上に例えばカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少なくとも一つと、白金Ptのような貴金属とを担持させてなり、このNO<sub>x</sub>触媒5

0に流入する排気空燃比が所定の空燃比より高いときに排気中のNOxを吸蔵し、逆に、流入排気空燃比が所定の空燃比より低いときに吸蔵したNOxを放出して窒素ガスN<sub>2</sub>に還元浄化せしめる機能を有する。なお、この吸蔵還元型NOx触媒50におけるNOxの浄化メカニズムについては、後に詳細に説明する。

【0031】また、流入排気空燃比とは、NOx触媒50の上流に位置した排気通路、燃焼室、吸気通路に満たされる空気量と、該排気通路、燃焼室、吸気通路に存在する燃料成分（還元剤）との比を意味する。したがってNOx触媒50よりも上流の排気通路に燃料成分、還元剤あるいは空気が供給されない限り、流入排気空燃比は燃焼室5内における混合気空燃比に一致する。

【0032】NOx触媒50を収容するケーシング51に設けられた触媒温度検出センサ57は、該ケーシング51の略中央に取り付けられ、NOx触媒50の雰囲気温度に対応した出力信号を出力する。また、その出力信号は対応するA/D変換器37を介して電子制御ユニット30に入力されている。

【0033】上流側排気管54に取り付けられた空燃比センサ55は、NOx触媒50に流入する排気空燃比に対応した出力信号を出力する。また、その出力信号は対応するA/D変換器37を介して電子制御ユニット30に入力されている。

【0034】還元剤添加装置60は、NOx触媒50に流入する排気中に還元剤たる燃料（軽油）を添加するものであり、噴孔が排気ポート10内に臨むようシリンダヘッド3に設けられ所定の燃圧が作用した際に開弁して排気枝管19に燃料を噴射する還元剤噴射ノズル61と、上記した燃料ポンプ28により吐出された燃料を還元剤噴射ノズル61へ導く還元剤供給路62と、この還元剤供給路62の途中に設けられ該還元剤供給通路62内を流れる燃料の流量を調整せしめる流量調整弁63と、を備えている。

【0035】そして、流量調整弁61が開弁されると同時に、燃料ポンプ6から吐出された高圧の燃料が還元剤供給路62を経て還元剤噴射ノズル61に流れ込み、還元剤噴射ノズル61に作用する燃圧が開弁圧以上に達すると、還元剤噴射ノズル61が開弁して還元剤としての燃料が排気枝管19内に噴射される。

【0036】一方、排気枝管19内に噴射された還元剤は、燃焼室5から排出される排気と共に排気タービン21へ流入する。排気タービン21へ流入した排気と還元剤は、該排気タービン21の回転によって均一に攪拌され、空燃比が低い排気としてNOx触媒50が収容されるケーシング51に流入する。そして、NOx触媒50に吸蔵されていたNOx触媒50を放出して還元浄化せしめる。なお、還元剤の添加とNOxの浄化作用との間における相関関係、並びに還元剤の添加時期については、後に詳細に説明する。

【0037】また、流量調整弁63が開弁されて還元剤噴射ノズル61に対する燃料供給が停止されると、還元剤噴射ノズル61に作用していた燃圧が還元剤噴射ノズル61の開弁圧未満となり、その結果、還元剤噴射ノズル61が開弁して排気枝管19内への燃料添加は停止される。

【0038】なお、上記した還元剤噴射ノズル61の取り付け位置、及び還元剤噴射ノズル61における還元剤の噴射方向は、排気枝管19に設けられたEGR通路24に該還元剤噴射ノズル61より噴射された燃料が流入しないように、且つ還元剤が排気枝管19内に滞ることなく排気タービン21に達するように定められている。また、還元剤噴射ノズル61は、シリンダヘッド3に形成された図示しないウォータージャケットを貫通、若しくはウォータージャケットに近接して取り付けられており、ウォータージャケットを流れる冷却水によって冷却されるようになっている。

【0039】NOx触媒50の下流に接続されたケーシング54に内蔵される酸化触媒53は、機関本体1より排出される排気中の炭化水素HC及び一酸化炭素COを主として浄化せしめる機能を有し、例えば、パラジウムPb及び白金Pt、又はパラジウムPbのみからなる貴金属を、例えばアルミナAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>あるいはコージライトかなるを担体上に担持させてなる。そして、酸化触媒に流入する排気中の炭化水素HC、一酸化炭素COを無害な炭酸ガスCO<sub>2</sub>、水蒸気H<sub>2</sub>Oに酸化せしめ浄化する（ $HC + CO + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ ）。

【0040】下流側排気管54aに取り付けられる空燃比センサ56は、NOx触媒50及び酸化触媒53を経て下流側排気管54aに流入する排気空燃比に対応して出力信号を出力する。また、その出力信号は対応するA/D変換器37を介して電子制御ユニット30に入力されている。

【0041】なお、以下の説明では、上流側排気管54に設けられる空燃比センサ55を流入排気空燃比センサ55と称することもある。また、下流側排気管54aに設けられる空燃比センサ56を流出排気空燃比センサ55と称することもある。さらに、NOx触媒50に流入する排気を流入排気と称するのに対して、NOx触媒50及び酸化触媒53を経て下流側排気管54aに流れ出る排気を流出排気と称することもある。

【0042】＜NOxの浄化メカニズム＞続いて、排気浄化装置に設けられる吸蔵還元型NOx触媒について、そのNOxの浄化メカニズムについて説明する。NOx触媒50は、上記した流入排気空燃比が所定の空燃比よりも高いときにその排気中のNOxを吸蔵し、逆に流入排気空燃比が所定の空燃比よりも低いときに吸蔵しているNOxを放出して窒素N<sub>2</sub>に還元浄化せしめるNOxの浄化作用を有している。

【0043】なお、ここで所定の空燃比とは、一般に理

論空燃比近傍に設定される値であるが、NOx触媒50の組成を変えることにより多少の変更が可能である。本実施の形態では、理論空燃比を所定の空燃比としている。したがって、流入排気が理論空燃比より高くなるリーン空燃比になるとNOxを吸蔵して、逆に流入排気が理論空燃比以下となるリッチ空燃比になるとNOxを放出して還元浄化する。

【0044】このNOx触媒50におけるNOxの還元浄化作用は、図4に示す浄化メカニズムで行われていると考えられている。なお、図4に示す浄化メカニズムは、NOx触媒50の担体上に白金Pt及びバリウムBaを担持させた場合の例を示しているが、他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。

【0045】まず、NOx触媒50に流入する排気空燃比が理論空燃比より遙かに高いリーン空燃比では、図4(A)に示すようにその流入排気中の酸素 $O_2$ が $O_2^-$ 又は $O^{2-}$ の形で担体に担持された白金Ptの表面に付着する。また、流入排気中に含まれる窒素酸化物NOは、担体上に担持された白金Pt上で $O_2^-$ 又は $O^{2-}$ と反応して二酸化窒素 $NO_2$ になる( $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ )。

【0046】次いで、白金Ptの表面上で生成された $NO_2$ は、さらに白金Pt上で酸化せしめられ、同担体上に担持されたバリウムBaと結合する。より厳密には流入排気中の酸素 $O_2$ によって酸化された酸化バリウムBaOと結合しながら硝酸イオン $NO_3^-$ の形でNOx触媒50内に拡散する。

【0047】また、NOx触媒50に流入する排気空燃比が理論空燃比以下になるリッチ空燃比においては、流入排気中に含まれる酸素 $O_2$ の数が減少するため、白金Ptの表面上にて生成される二酸化窒素 $NO_2$ の量も減少する。また、NOx触媒50内では、逆方向の反応が進みNOx触媒50内に拡散していた硝酸イオン $NO_3^-$ は二酸化窒素 $NO_2$ の形に変化する( $NO_3^- \rightarrow NO_2$ )。そして、ついには二酸化窒素 $NO_2$ 若しくは一酸化窒素NOの形でNOx触媒50から排気中に放出される。

【0048】一方、リッチ空燃比において排気中に多く含まれる炭化水素HC(燃料成分)、並びに一酸化炭素COは酸素 $O_2$ との結合力が極めて高く、白金Pt上の酸素 $O_2^-$ 又は $O^{2-}$ と即座に結合して酸化せしめられ、水蒸気 $H_2O$ 並びに炭酸ガス $CO_2$ となって排気中に拡散する。

【0049】また、この時、炭化水素HC及び一酸化炭素COの酸化にて白金Pt上の酸素 $O_2^-$ 又は $O^{2-}$ が使い果たされたとしても、流入排気中に未燃の炭化水素HC及び一酸化炭素COが残っていれば、NOx触媒50より放出された二酸化窒素 $NO_2$ 又は一酸化窒素NOは、その余分な未燃炭化水素HC、及び未燃一酸化炭素COと反応して還元せしめられ、無害な窒素 $N_2$ となり排気

中に拡散する(図4(B)参照)。

【0050】このように吸蔵還元型NOx触媒50では、流入排気空燃比がリーン空燃比になると該流入排気中のNOxを吸蔵し、流入排気空燃比がリッチ空燃比になると該触媒50内に吸蔵されていたNOxを短時間のうちに放出して、窒素 $N_2$ に還元する。よって大気中へのNOxの排出を阻止できる。

【0051】ところで、車輛等に搭載されるディーゼル機関1では理論空燃比( $A/F = 13 \sim 14$ )よりも高いリーン空燃比にて機関の運転がなされている。このため通常の機関運転状態ではNOx触媒50に流入する排気空燃比は極めて高いリーン空燃比であり、機関本体1より排出される排気中のNOxはNOx触媒50に吸蔵されて、NOx触媒50より放出されることはほとんどない。

【0052】一方、ガソリンエンジンなど火花点火式機関では、燃焼室5に供給する混合気を理論空燃比以下のリッチ空燃比にすることによって、故意に流入排気中の酸素濃度を低下せしめNOx触媒50に吸蔵されているNOxを放出させることができる。しかしながら本実施の形態に示すようなディーゼル機関1においては、燃焼室に供給する混合気を理論空燃比以下のリッチ空燃比にすると、その混合気の燃焼の際に煤などの微粒子を生成してしまう。

【0053】したがって、ディーゼル機関では、NOx触媒50のNOx吸蔵能力を飽和させないように、混合気ではなくNOx触媒50に流入する流入排気空燃比をリッチ空燃比として、適時、NOx触媒50に吸蔵されているNOxを放出させる必要がある。そこで、本実施の形態では上記したようにNOx触媒50の上流側排気通路54に還元剤添加装置60(吸放出制御手段)を設けて対処している。すなわち、流入排気中に還元剤たる燃料を添加することによってNOx触媒50に流入する排気空燃比を低下せしめ、NOx触媒50に吸蔵されているNOxを放出、還元浄化させるようにしている。以下の説明では、NOx触媒50よりNOxを故意に放出せしめる制御をリッチスパイク制御、又はNOx触媒の再生と称する。

【0054】<リッチスパイク制御>このリッチスパイク制御では、まず、還元剤たる燃料の添加条件が成立しているか否かを電子制御ユニット30のCPU34にて判別する。ここで、還元剤の添加条件としては、例えば、触媒温度センサ7の出力信号がNOx触媒50の活性化温度に達しているか、また、NOx触媒50におけるSOx被毒などを回復すべくNOx触媒50の昇温制御が実行されていないか、車輛の走行距離数が予め設定した走行距離数に達したか、あるいは車輛の運転時間が予め設定した所定時間に達したか、などの条件を例示できる。

【0055】そして、CPU34では上記した還元剤添

加条件が成立した際に、還元剤添加装置60による流入排気中への還元剤添加（燃料添加）を所定のタイミングにて実施し、流入排気の空燃比が比較的短い周期でスパイク的にリッチ空燃比となるようにしている。そして、NOx触媒50に吸蔵されたNOxを短周期的に放出してNOxを還元浄化している。

【0056】その際、CPU34はRAM33に記憶されている機関回転数、負荷センサ41の出力信号（アクセル開度）、燃焼消費量等を読み出し、これら機関回転数、機関負荷、及び燃料噴射量等をパラメータとして、ROM32に予め準備された還元剤添加装置60の制御マップへアクセスし、還元剤添加装置60における還元剤の添加時期及び添加量を算出している。そして、CPU34では、前記還元剤の添加条件及び添加量に基づいて、流量調節弁63の開弁時間を調節して、還元剤噴射ノズル61より還元剤を添加するようにしている。

【0057】そして、還元剤噴射ノズル61から排気枝管19内へ噴射された還元剤は、排気枝管19の上流側から流れてきた排気と混ざり合ってリッチ空燃比の排気を形成し、該リッチ空燃比の排気がNOx触媒50に流入することになる。このようにリッチ空燃比の排気をNOx触媒50に流入させると、上記したようにNOx触媒50内に吸蔵されていたNOxが放出されて、さらに排気中の還元剤と結合して窒素N<sub>2</sub>に還元される。

【0058】ところで、上記したようにNOx触媒は長期に亘り使用すると、NOxの吸蔵能力が低下する。そして、ついにはNOxを吸蔵し得なくなることもある。したがって、NOx触媒を効果的に用いる場合には、NOxの吸蔵能力がどの程度低下したかを定期的に把握する必要がある。そこで、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置では、以下に述べる方法でNOx触媒50の劣化判定を行っている。

【0059】＜NOx触媒の劣化判定方法＞まず始めに、本出願に要旨に係るNOx触媒50の劣化判定について、その基本的な判定の原理を述べる。NOx触媒50は上記したように流入排気中の還元剤たる炭化水素HC及び一酸化炭素COを消費して水蒸気H<sub>2</sub>O及び炭酸ガスCO<sub>2</sub>に酸化せしめる機能を有している。また同時に、流入排気中に炭化水素HC及び一酸化炭素COが酸化されずに残留している場合には、それら未燃の炭化水素HC及び一酸化炭素COを消費して該NOx触媒50に吸蔵されているNOxを窒素N<sub>2</sub>に還元せしめる機能を有している。

【0060】したがって、NOx触媒50を十分に再生しうる量の還元剤を流入排気中に添加した場合には、NOx触媒50に吸蔵されているNOxが完全に放出されるまでNOx触媒50内及びその周囲にて窒素ガスN<sub>2</sub>、水蒸気H<sub>2</sub>O、炭酸ガスCO<sub>2</sub>が生成され続け、図5(C)に示すようにこれら窒素ガスN<sub>2</sub>、水蒸気H<sub>2</sub>O炭酸ガスCO<sub>2</sub>によってNOx触媒50より流れ出る排気の酸素濃

度（空燃比）は一定期間に理論空燃比より十分に低い値を示すことになる。即ち、O<sub>2</sub>ストレージ効果を認識できる。

【0061】ところで、これら窒素ガスN<sub>2</sub>、水蒸気H<sub>2</sub>O、炭酸ガスCO<sub>2</sub>を生成するにあたっては、NOx触媒50に吸蔵されているNOx及び酸素O<sub>2</sub>が必要となる。従って、これら窒素ガスN<sub>2</sub>、水蒸気H<sub>2</sub>O、炭酸ガスCO<sub>2</sub>の生成によって流出排気の酸素濃度（空燃比）が低下せしめられている期間T（以下、リッチ時間と称す）を計測することにより、NOx触媒50に吸蔵可能なNOxの量、即ちNOx吸蔵能力を評価できる。より詳細には新品の新規NOx触媒におけるリッチ時間T1と実際の測定により算定されるリッチ時間T2とを比較することによりNOx触媒50の劣化状態を判定することができ

【0062】そこで、本出願に係る排気浄化装置では、上記したリッチスパイク制御時においてリッチ時間T2を計測し、このリッチ時間T2の長さに基づいたNOx触媒50の劣化判定を実施している。また、この劣化判定時においては、NOx触媒の下流にて検出される流出排気の空燃比にO<sub>2</sub>ストレージ効果の顕著に影響が見られるように通常のリッチスパイク制御における還元剤の添加量よりも多い大量の還元剤を流入排気中に添加するようにしている。

【0063】また、上記したO<sub>2</sub>ストレージ効果により流出排気の空燃比が一時的に低下せしめられる時間の長さは、NOx触媒50よりNOxが放出されている間、その流出排気が理論空燃比近傍に維持されている時間に比べて遥かに長くなる。このため理論空燃比近傍に流出排気の空燃比が維持されている時間を測定してNOx触媒50の劣化状態を判定するよりも、上記したO<sub>2</sub>ストレージ効果を利用してNOx触媒50の劣化状態を判定した方が精度よく且つより確実に劣化状態を判定しえる。

【0064】なお、以下の説明においては、通常のリッチスパイク制御時に添加される還元剤の添加量を基本添加量とし、劣化判定を兼ねるリッチスパイク制御時に添加される還元剤の添加量を劣化判定添加量として区別する。また、劣化判定に伴う大量の還元剤添加動作を劣化判定噴射と称することもある。以下、上記したNOx触媒50の劣化判定方法に基づきなされる劣化判定制御について、図6に示すフローチャートを参照し、本出願の要旨となるNOx触媒の劣化判定について述べる。

【0065】＜NOx触媒の劣化判定制御＞図6は、NOx触媒50の劣化判定に係る一連の流れを示すフローチャートである。なお、このフローチャートに示す劣化判定処理ルーチンは、電子制御ユニット30のROM32に予め記憶されており、所定時間毎に繰り返し実行されるルーチンである。

【0066】＜ステップ101＞まず始めに、NOx触媒50の劣化判定を実行するに先立ち、劣化判定実行条



件を満たしているか否かを判別する(ステップ101)。ここで、劣化判定実行条件として例示できる条件を述べると、車輛の走行距離数が予め設定した走行距離数に達したか、あるいは車輛の運転時間が予め設定した所定時間に達したか、などを例示できるが、本実施の形態では、機関本体1の運転状態が定常状態にあるか、また、その定常状態が予め設定した規定時間継続しているか、さらにNOx触媒50の雰囲気温度が活性化温度以上に達しているか、などの各種条件を満たしたときにNOx触媒50の劣化判定を実施するようにしている。

【0067】なお、機関本体1の定常状態とは、エンジン負荷及びエンジン回転数等がほぼ一定な運転状態をいい、アイドル運転状態も定常運転状態に含まれる。また、機関本体1が定常運転状態にない場合には、流入排気及び流出排気の何れにおいてもその空燃比は不安定であり、正しい劣化判定を行うことができない。また、NOx触媒50の雰囲気温度が活性化温度に満たない時には、NOx触媒50の浄化作用が緩慢若しくは機能しておらず、正しい劣化判定を行うことはできない。このように、ステップ101で否定判定を行った場合に、この劣化判定処理ルーチンを一旦終了する。

【0068】<ステップ102>一方、ステップ101において肯定判定した場合には、ステップ102に進み、上記した劣化判定方法に示すように劣化判定添加量に見合う還元剤(燃料)を排気枝管19内に噴射する(空燃比制御手段)。ここで、劣化判定噴射時における還元剤の添加量、すなわち劣化判定添加量は、通常リッチスパイク制御時の基本添加量に比べて数倍、若しくは数十倍、数百倍程度である。

【0069】なお、本実施の形態では、流出排気空燃比が確実に理論空燃比以下の値を示すように劣化判定添加量を定めている。なお、劣化判定添加量は、各種条件下にて行われた予備実験に基づき定められ、予備実験によって定められた劣化判定添加量は、触媒雰囲気温度及び現在の機関負荷などをパラメータとして作成されたマップの形で電子制御ユニット30内のROM32に記録されている。

【0070】一方、劣化判定噴射時における還元剤の添加量は大量である。従って、NOx触媒50内において、流入排気中の炭化水素HC及び一酸化炭素COの全てを浄化しきれないこともある。そのため本実施の形態ではNOx触媒50の下流に酸化触媒52を設け、NOx触媒50を通過して流れ出た炭化水素HC及び一酸化炭素COなどをこの酸化触媒52によって無害な水蒸気H<sub>2</sub>O、炭酸ガスCO<sub>2</sub>に酸化せしめ浄化するようにしている。したがって、劣化判定時においてもHCエミッションが悪化することはない。

【0071】<ステップ103>続いて、電子制御ユニット30ではステップ103に進み、劣化判定噴射を実行してからの経過時間を計測すると共に、該経過時間が

予め設定した規定時間に達したか否かを判別する。ここで、予め定められた規定時間とは、前記還元剤噴射ノズル60から排気枝管19内に噴射された還元剤が、排気タービン21及び上流側排気管54を流下してNOx触媒50に流入し、且つNOx触媒50のNOxを放出して還元浄化するまでに要する時間である。なお、規定時間は、各種条件下にて行われた予備実験に基づき定められ、予備実験によって定められた劣化判定添加量は、現在の機関回転数及び機関負荷などをパラメータとして作成されたマップの形で電子制御ユニット30内のROM32に記録されている。

【0072】そして、ステップ103が否定された場合には、本劣化判定処理ルーチンを一旦終了する。なお、ステップ103の実行中において機関本体1の運転状態が定常状態から脱した場合においても、このステップ103を否定して本劣化判定処理ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合劣化判定噴射を一旦終了することとなり、本ステップ103において判定の基礎となる劣化判定噴射を実行してからの経過時間もリセットされて「0」になる。

【0073】<ステップ104>そして、ステップ103において肯定判定がなされた場合には、NOx触媒50より流れ出る流出排気空燃比がO<sub>2</sub>ストレージ効果によってリッチ空燃比に維持されている時間を算出する。より具体的には、まず、流入排気空燃比センサ55にてNOx触媒50に流入する排気空燃比を測定すると共に、流出排気空燃比センサ56にてNOx触媒50より流れ出る排気空燃比を測定する。続いて、空燃比センサ55、56毎に検出される検出値に基づいて該検出値がリッチ空燃比に維持されているリッチ時間を算出すると共に、流入排気に対応するリッチ時間を流出排気に対応するリッチ時間で割った商によってNOx触媒50の劣化判定に用いる比較値を求める。

【0074】ここで比較値について詳述すると、上記したように、NOx触媒50ではNOx吸蔵能力が高いほど、NOx触媒50より流れ出る排気空燃比がリッチ空燃比に維持されている時間も長くなる。したがって、流入排気に対応するリッチ時間を流出排気に対応するリッチ時間で割った商を求めることによってNOx触媒50のNOx吸蔵能力を具体的に数値化することができる。

【0075】<ステップ105>そして、ステップ104で比較値が求められると、電子制御ユニット30ではステップ105に進みNOx触媒50の劣化状態を判別する。このステップ105では、先のステップ104で実測値に基づき定められた比較値と、NOx触媒50の劣化判定を行う際の指標となる劣化判定基準値とを照らし合わせて、比較値が基準値より負か否かを判別する(劣化判定手段)。

【0076】このNOx触媒50の劣化判定を行う際の指標となる劣化判定基準値は、新規NOx触媒50を用

いて各種条件下にて行われた予備実験に基づき定められる値である。なお、劣化判定基準値は、エンジン負荷及び触媒雰囲気温度などをパラメータとして作成されたマップの形で電子制御ユニット30のROM32に記録されている。したがって、このマップ上に展開される劣化判定基準値と実測により得られた比較値とを照らし合わせることによって、NOx触媒50の劣化状態を正確に判定できる。

【0077】そして、ステップ105において肯定判定の場合には、電子制御ユニット30のCPU34にてNOx触媒50が劣化状態にあると認識する(ステップ106)。また、否定判定の場合には、NOx触媒が正常に機能していると判断して本劣化判定処理ルーチンを終了する。

【0078】このように、本出願に係る内燃機関の排気浄化装置では、流出排気空燃比がO<sub>2</sub>ストレージ効果の影響により一時的に低下せしめられる時間に基づいてNOx触媒の劣化判定を行っている。

【0079】〔他の実施の形態〕上記した実施の形態では、流出排気に対応するリッチ時間と流入排気に対応するリッチ時間との関係で比較値を算出し、その比較値に基づいてNOx触媒50の劣化判定を実施しているが、本出願に係るNOx触媒の劣化判定は、流出排気に対応するリッチ時間さえ算定できれば要をなす。

【0080】すなわち、上記した劣化判定処理ルーチンにおいて適用される比較値を、単に、流出排気に対応するリッチ時間で定義すると共に、劣化判定時の指標となる劣化判定基準値を時間単位で定義して、これら流出排気に対応するリッチ時間と劣化判定基準値とを比較して、該リッチ時間が劣化判定基準値よりも短くなった時に、NOx触媒が劣化状態にあるとみなせる。

【0081】また、上記した実施の形態では、NOx触媒50に流入する排気空燃比を流入排気空燃比センサ55を用いて実測しているが、流入排気空燃比は機関本体1の運転状態から推定可能であるため、機関本体1の運転状態と流入排気空燃比とを対応づけたマップを予め電子制御ユニット30のROM32に記憶させておき、このマップを参照して流入排気のリッチ時間を推定してもよい。そして、推定されたリッチ時間に基づいて上記劣化判定処理ルーチンをこなしてもよい。

【0082】また、上記した実施の形態では、酸化触媒52の下流側に流出排気空燃比センサ56を取り付けているが、勿論、NOx触媒50の直後に流出排気空燃比センサ56を設けてもよい。さらに空燃比センサ55、56に代わる酸素O<sub>2</sub>センサなどによって空燃比を検出してもよい。

【0083】また、上記した実施の形態では、圧縮着火式内燃機関を例に挙げ説明を述べたが、本出願に係る内燃機関の排気浄化装置はガソリンエンジンなど火花点火式内燃機関においても、勿論、適用可能である。また、

内燃機関がガソリンエンジンの場合、内燃機関の燃焼室に供給する混合気空燃比をリッチ空燃比にして燃焼させることによりNOx触媒に流入する流入排気空燃比をリッチ空燃比にして、NOx触媒10に還元剤としての炭化水素HCを供給できる。すなわち、還元剤供給手段は、燃料噴射制御手段によって実現することもできる。

【0084】また、上記した実施の形態において説明した吸蔵還元型NOx触媒は、長期に渡り使用していると排気中の硫黄酸化物SOxによる被毒を受けてNOx浄化率が低下する。このためSOx被毒がある程度進行した際に該NOx触媒をSOx被毒から回復すべく再生処理を行う必要がある。この再生処理時には、NOxを放出・還元浄化せしめるリッチスパイク制御時に添加される基本添加量よりも多い大量の還元剤をNOx触媒に供給する必要がある。したがって、本出願に係るNOx触媒の劣化判定は、このSOx被毒の再生処理時においても実施可能である。

【0085】上記した実施の形態では、吸蔵還元型NOx触媒を採用しているが、選択還元型NOx触媒を採用した場合においても、吸蔵還元型NOx触媒と同様の作用・効果を奏される。なお、選択還元型NOx触媒は流入排気がリーン空燃比で、且つ炭化水素HCの存在下でNOxを還元又は分解する機能を有する。

【0086】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、NOx触媒の劣化判定時に、該NOx触媒に流入する排気空燃比を大幅に低下せしめることにより、該NOx触媒から流出する排気空燃比には、NOx触媒が劣化している場合とNOx触媒が劣化していない場合とで明確な差が生じ易くなるため、精度の高い劣化判定を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る内燃機関の排気浄化装置を概略的に示す概略構成図

【図2】 図1に示す内燃機関の要部拡大図

【図3】 機関の要求トルクを示す図

【図4】 吸蔵還元型NOx触媒のNOx吸放出作用を説明するための図

【図5】 還元剤添加時における空燃比の変化を説明するための図

【図6】 NOx触媒の劣化判定に係る劣化判定処理ルーチンを示すフローチャート図、

【符号の説明】

1 ディーゼルエンジン(機関本体)

5 燃焼室

54 上流側排気管

54a 下流側排気管

50 吸蔵還元型NOx触媒(NOx触媒)

52 酸化触媒

57 触媒温度センサ

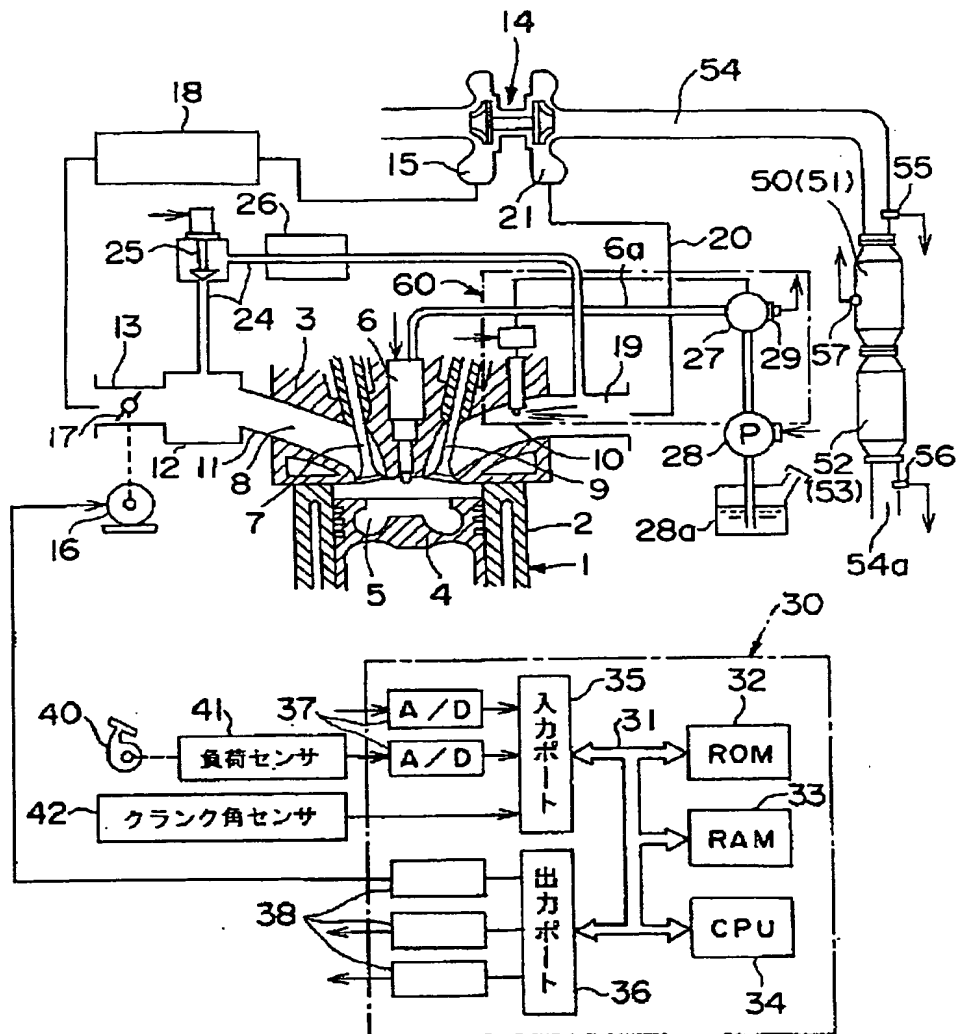
60 還元剤供給装置

55 流入排気空燃比センサ

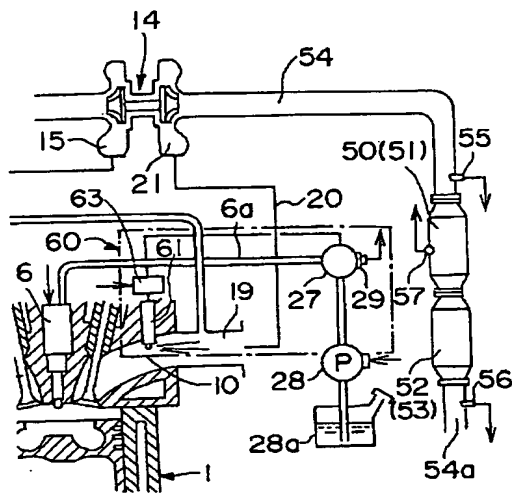
61 還元剤噴射ノズル

56 流出排気空燃比センサ

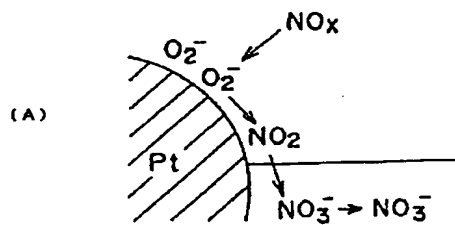
【図1】



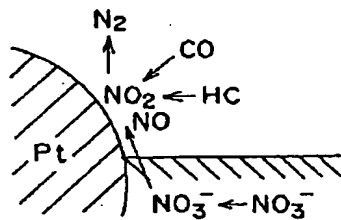
【図2】



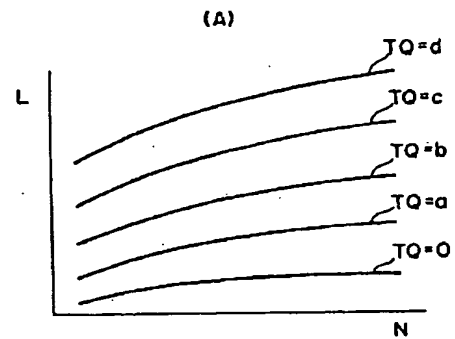
【図4】



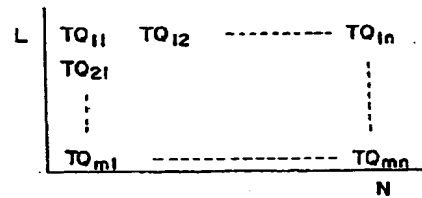
(B)



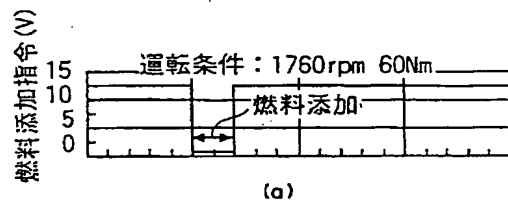
【図3】



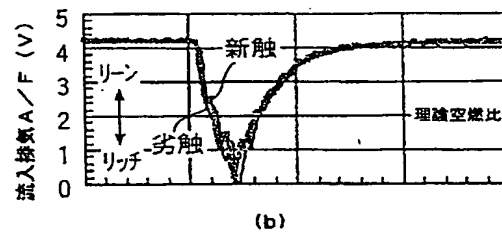
(B)



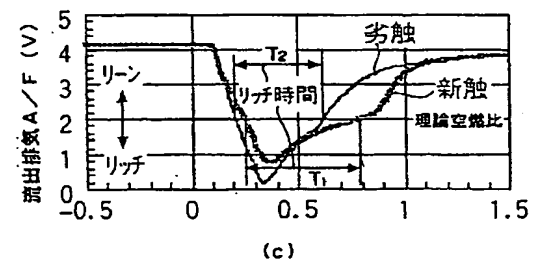
【図5】



(a)

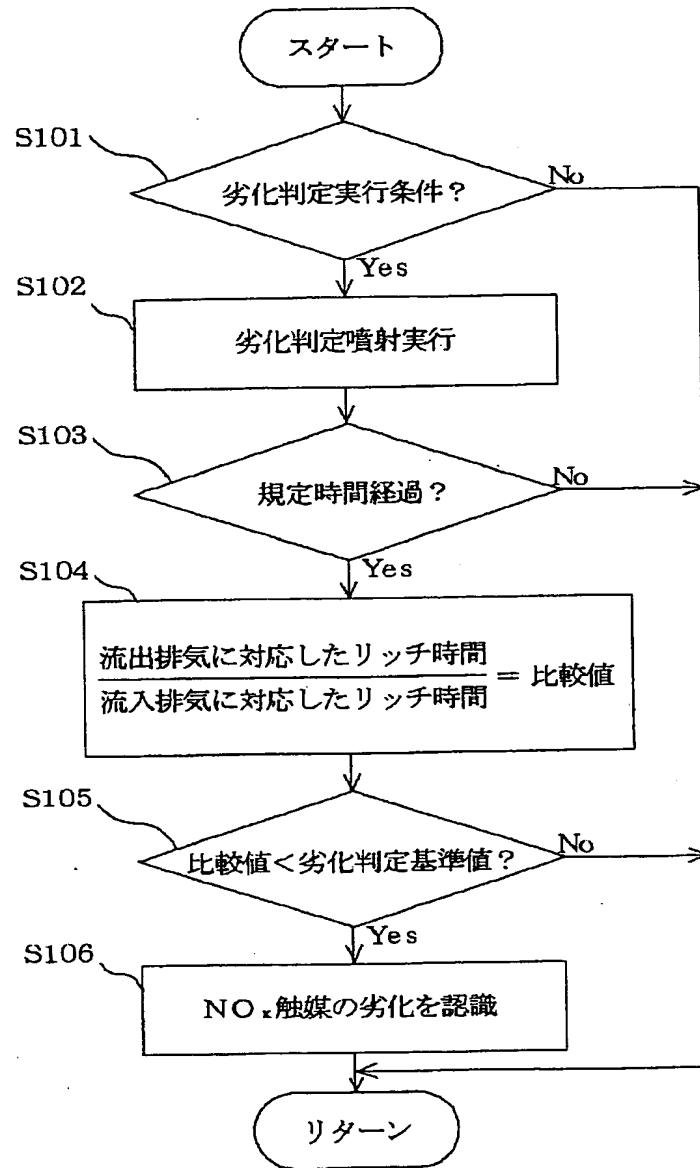


(b)



(c)

【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
F02D 45/00識別記号  
368FI  
F02D 45/007-7100 (参考)  
368G

Fターム(参考) 3G084 AA01 AA04 BA09 BA24 DA10  
DA22 DA27 EA04 EB08 EB12  
EB16 FA10 FA26 FA27 FA30  
FA33 FA38  
3G091 AA10 AA11 AA17 AA18 AB02  
AB06 BA14 BA33 CA18 DA02  
DA04 DA08 DB10 EA18 EA30  
EA34 EA38 FA12 FA18 FB12  
GB02Y GB03Y GB04Y GB05W  
GB06W GB07W GB10X GB17X  
HA09 HA36 HA37 HA38 HA42